モデル献立における 15 金属元素の一日摂取量^{*1}

(平成 2 年 1 月 5 日受理)

池 辺 克 彦^{*2} 西 宗 高 弘^{*2} 田 中 涼 一^{*2}

Daily Intakes of 15 Metals According to the Model Menu

Katsuhiko IKEBE, Takahiro NISHIMUNE and Ryoichi TANAKA

(Osaka Prefectural Institute of Public Health: 1-3-69,
Nakamichi, Higashinari-ku, Osaka, Japan)

Key words: モデル献立 model menu; 金属元素 metal element; 一日摂取量 daily intake; 原子吸光法 atomic absorption spectrometry (AAS)

はじめに

著者らは、成人女性を対象に 15 金属元素の一日摂取量を求め、またその摂取量には季節差があるのか、更に地域差はどうか種々検討し報告^{1)~3)}してきた。今回、日本人の栄養所要量を満たすように作製したモデル献立で食品数を一日 30 食品にできるだけ近づけたものが入手できたので、実際の食事の内容が反映していると思われる陰膳調査、またマーケットバスケット方式による金属摂取量とに違いがあるか検討する目的で、分析及び解析を行い若干の知見を得たので報告する。

実験方法

1. 試 料

1) モデル献立の試料調製

日本人の栄養所要量を満たすように基本栄養素とエネルギーの摂取量を設定し男性、女性とも日曜日から土曜日までの 7 日間モデル献立を調製し、計 14 検体を試料とした。この献立作製に当たっては食品点数をできるだけ多くすることを試み、一日 30 食品を基準とした。また、男女は同一家族を仮定し、献立内容は原則として共通の食品で構成したが、各食事の主食と主菜の量を女性は男性の約 50~85% とした。一例として日曜日の献立を Table 1 に示した。

2) 採取時期

1988 年 7 月大阪で帝国女子大学浅野助教授により調理されたものを用いた。献立は、お茶の水女子大学五十嵐教授により作製された。これらはビタミン E 所要量調査研究班（班長：大阪医科大学美濃教授）により実施されたものである。

3) 測定対象元素

水銀 (Hg)、カドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、クロム (Cr)、セレン (Se)、ヒ素 (As)、銅 (Cu)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn)、鉄 (Fe)、マグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、リン (P)、カリウム (K) 及びナトリウム (Na) の 15 元素

2. 標準溶液及び試薬

前報²⁾に同じ。

3. 装置及び器具

前報²⁾に同じ。

4. 試験溶液の調製

一日分の朝食、昼食、夕食及びおやつなどの全重量を測定した後、ミキサーで十分混合し一つの分析試料とした。なお、水分の少ない試料については計算量の水を加えて同様に混合した。試料数は延べ 14 検体である。

5. 分析方法

前報²⁾に同じ。

結果及び考察

1. モデル献立における金属摂取量の男女差

通常化学物質の生体への取り込みは、喫食量に依存⁴⁾していると言われている。Fig. 1 に示したように喫食量には男女間の差がみられ、又 7 日間の平均値の差の検定を行ったところ Table 2 より 5% の危険率で有意差 ($t=2.994$) が認められた。従って、各種金属元素についても当然有意差があるものと予想されたが、Table 2 から有意差の認められた元素は Cd, Mn, Zn の 3 元素のみであった。このことから他の元素については、特定の食品（例えば海産物中の As）に由来している可能性が高い。つまり献立メニューにワカメ入りの味噌汁や昆布巻の入ったときは、As の濃度が当然高くなることが推定され、全体の喫食量よりも献立内容の違いによるファクターが大きい。著者らが行ったマーケットバスケット調査によ

^{*1} 金属元素の一日摂取量に関する研究（第 4 報）

^{*2} 大阪府立公衆衛生研究所：大阪市東成区中道 1-3-69

Table 1. Example Menu (Sunday)

Cooking name	Material	Weight (g)	
		Man	Woman
Breakfast	White bread	120	90
Pizza toast	Ham (Loin roll ham)	20	20
	Onion	20	20
	Sweet pepper	20	20
	Cheese	20	20
Soybean curd salada	Soybean curd (Kinukosi)	80	80
	Lettuce	20	20
	Cucumber	20	20
	Tomato	30	30
	Asparagus, canned	15	15
	Mayonnaise	8	8
	Soy-sauce (Shoyu)	4	4
Milk tea	Black tea	30	30
	Milk (Cow's)	150	150
	Sugar	5	5
Lunch	Somen, dry	110	60
Thin wheat (Cold-somen)	Egg	25	25
noodle	Salad oil	1	1
	Cucumber	15	15
	Tomato	25	25
	Shrimp (Shiba-ebi)	20	20
	Shiitake, dry	2	2
	Sugar	1	1
	Soy-sauce	2	2
	Tsuke-jiru soup	15	15
	Broth	80	80
	Soy-sauce (Koikuti)	10	10
	Soy-sauce (Usukuti)	10	10
	Mirin	20	20
	Aoshiso, greens	1	1
	Ginger root	10	10
"Nabesigi" of eggplant	Sweet pepper	50	50
and sweet pepper	Eggplant	100	100
	Salada oil	5	5
	Beef (Round)	20	20
	Ginger root juice	2	2
	Oil	3	3
	Miso	10	10
	Sugar	7	7
	Broth	10	10
Fruit	Grape	80	80
Dinner	Polished rice	280	150
Boild rice	Beef (Fillet)	120	100
Roast beef	Sweet peper	15	15
	Eggplant	20	20
	Onion	30	30
	Sweet potato	60	60
	Beans sprouts	50	50
	Shiitake, raw	15	15
	Salad oil	10	8

Table 1. Continued

Cooking name	Material	Weight (g)	
		Man	Woman
Coleslaw salad	Japanese radish immature	20	20
	Sugar	3	3
	Soy-sauce	10	10
	Sake	10	10
	Cabbage	40	40
	Cucumber	20	20
	Carrot	10	10
	Dressing	8	8
Soup with tomato and egg	Egg	25	25
	Onion	15	15
	Tomato	30	30
	Salad oil	1	1
	Water	150	150
	Bouillon cube	2	2
	Sake	2	2
	Hybrid melon	100	100

Fig. 1. Comparison of dietary intake between man and woman for seven consecutive days
 ●—●: man—dietary intake; ○—○: woman—dietary intake

ると、Asについては全体に占める食品群の寄与率としてI群の穀類からは26.8% (140 μ g)、VIII群の野菜・海藻類からは22.4% (117 μ g)で、この2群から全体の約50%のAsが摂取されていた。

2. モデル献立、陰膳方式、マーケットバスケット方式による15金属元素の一日平均摂取量の比較

今回調査したモデル献立における男女各々の摂取量と大阪府在住の主婦を対象とした陰膳調査（対象とした主婦が実生活上である一日に摂取した食物をすべて採集した試料）における摂取量、並びに著者らが3か年（昭和60～62年）にわたって行ったマーケットバスケット調査（国民栄養調査の結果に基づいて標準の食品別消費量に従って市販食品を購入し、それを日常的な方法で調理した試料）での摂取量をTable 3に示した。

微量元素であるCd、Pb、Crについてみると、ほぼ3種の試料間で似た摂取量が得られたが、Hgの摂取量については魚介類の摂取により若干変動するものと思われ

る。Se、Cuについては今回測定したモデル献立の男女が陰膳調査やマーケットバスケット調査に比べ約2倍の摂取量を示したのが注目される。食品から摂取する微量のSeは、有害性重金属化合物と不活性な複合体を形成し、その結果重金属の毒性発現を抑制⁶⁾する事実が重要との考え方があり、今回の測定から我が国の食品による献立でも食品数を多くする配慮を忘れなければアメリカにおけるSeの所要量50～200 μ gを十分満たしていることが判明した。また所要量の定められているFeやCaを比較すると約1.2～1.5倍高く他の元素については、ほぼ同じか若干高い傾向にあった。

3. 日本人の金属所要量との比較

日本で所要量⁶⁾の定められているFe、Ca、また目標摂取量の定められているP、K、Naについて比較した結果をTable 4に示した。なお平成2年度から5年間使用する「日本人の栄養所要量」が公衆衛生審議会から答申され、MgやビタミンEの目標摂取量が新たに導入され

Table 2. Differences of Daily Intakes between Man and Woman in Model Menu Sample

	T. Intake (g/day)	Hg (μ g/day)	Cd (μ g/day)	Pb (μ g/day)	Cr (μ g/day)	Se (μ g/day)	As (μ g/day)	Cu (mg/day)
Mean	2104	5.13	25.3	86.3	44.4	168.4	540	2.22
SD	236	4.76	6.1	24.7	24.9	77.2	382	0.73
Mean 1	2253.0	6.193	29.17	87.91	53.87	162.84	615.0	2.334
SD 1	194.6	6.504	5.76	29.07	32.00	72.74	353.4	0.729
Mean 2	1955.0	4.064	21.46	84.64	34.99	173.86	464.0	2.100
SD 2	177.4	2.018	3.40	21.81	10.53	86.92	421.4	0.778
t-Value	2.994*	0.827	3.052*	0.238	1.483	0.257	0.726	0.582

	Mn (mg/day)	Zn (mg/day)	Fe (mg/day)	Mg (mg/day)	Ca (mg/day)	P (mg/day)	K (g/day)	Na (g/day)
Mean	4.77	10.00	10.47	272	832	1130	3.13	4.20
SD	0.76	1.23	2.01	33	164	124	0.47	0.98
Mean 1	5.339	10.700	10.623	284.4	823.4	1120.0	3.244	4.160
SD 1	0.461	1.115	1.688	33.9	171.4	78.3	0.508	0.469
Mean 2	4.206	9.304	10.316	259.4	841.1	1140.9	3.014	4.234
SD 2	0.546	0.960	2.421	30.2	170.4	164.7	0.445	1.362
t-Value	4.195*	2.509*	0.275	1.455	0.194	0.303	0.900	0.136

* $P < 0.05$ $t > 2.145$ Mean ... Overall (Sample $N=14$)Mean 1 ... Man (Sample $N=7$)Mean 2 ... Woman (Sample $N=7$)**Table 3.** Comparison for Daily Intakes among Model Menu, Duplicate Portion Studies and Market Basket Studies

Element	Model menu sample of man (7 samples)	Model menu sample of woman (7 samples)	Duplicate portion in Osaka (25 samples) ³⁾	Market basket in Osaka (3 samples) ³⁾
Hg	6.19 (μ g/day)	4.06 (μ g/day)	2.96 (μ g/day)	8.47 (μ g/day)
Cd	29.2	21.5	21.8	33.0
Pb	87.9	84.6	44.6	73.7
Cr	53.9	35.0	31.5	62.7
Se	162.8	173.9	82.5	72.5
As	615	464	387	527
Cu	2.33 (mg/day)	2.10 (mg/day)	1.03 (mg/day)	1.43 (mg/day)
Mn	5.34	4.21	3.20	7.63
Zn	10.70	9.30	8.12	9.93
Fe	10.62	10.32	7.78	8.87
Mg	284	259	231	273
Ca	823	841	615	580
P	1.12 (g/day)	1.14 (g/day)	1.04 (g/day)	1.11 (g/day)
K	3.24	3.01	2.37	2.43
Na	4.16	4.23	3.89	7.07

た。

不足すると虚血性心疾患の発症と関係するといわれる Mg の目標摂取量が成人で一日 300 mg である。Table 4 より今回測定したモデル献立の男性では約 95%、女性

では約 86% の摂取量で目標摂取量を満たすところに近づいているが、Table 3 の実際の食事（陰膳）の調査によれば約 77% の摂取量でより低くなっている。このことからモデル献立の方が目標摂取量に近づいており、やは

Table 4. Recommended Requirement and Daily Intake of 6 Metals

Element	Fe	Ca	P	K	Na	Mg
Requirement	11 mg ¹⁾ , 12 mg ²⁾	600 mg ³⁾				
Desirable intake			600 mg ³⁾	2~4 g ³⁾	3.9 g ³⁾	300 mg ³⁾
Man (7 samples)	10.6	823	1120	3.2	4.2	284
Woman (7 samples)	10.3	841	1141	3.0	4.2	259

¹⁾ Man (20~59) ²⁾ Woman (20~59) ³⁾ Adult

Table 5. Recommended Daily Dietary Allowances and Daily Intake of 5 Metals

Element	Cr	Se	Cu	Mn	Zn
Rec. allowance ¹⁾	5~200 µg	50~200 µg	2~3 mg	2.5~5 mg	15 mg
Man (7 samples)	53.9	163	2.33	5.34	10.7
Woman (7 samples)	35.0	174	2.10	4.21	9.3

¹⁾ Recommended Daily Dietary Allowances, Revised 1980, U. S. A. Adult 23~50 years

り食品数の多い食事形態を考える必要があるものと思われる。

4. アメリカの推奨金属所要量との比較

日本で所要量が定められてなく、アメリカにおいては所要量のある金属元素につき、モデル献立における摂取量との比較を行い結果を Table 5 に示した。対象とした元素は、Cr から Zn までの 5 元素である。Cr, Se, Cu, Mn の 4 元素についてはほぼ所要量を満たしていたが、Zn については男性で所要量の 71%, 女性で 62% であり、かなり低い。堀口⁷⁾らは FAO の資料より諸外国の Zn 摂取量を求めている。これによれば欧米諸国、大洋州諸国が 15 mg 前後ないしこれを上回るのに対し、日本は 11.2 mg, その他の国も 10 mg 前後と報告している。なお、このような差は肉類の摂取量の差によると結論している。著者らが行ったマーケットバスケット調査により求めた Zn の各食品群の寄与率^{*3}をみると I 群の米・米加工品から 31% (2.99 mg), XI 群の肉・卵類から 27.2% (2.67 mg) であり堀口らと同様の傾向がみられた。また日本人とアメリカ人の一日平均肉消費量⁸⁾は、前者が約 70 g に対して後者は約 320 g と言われており、著者らが行った肉類(牛, 豚, 鶏, 鯨)の平均 Zn 含有量⁹⁾ 32 ppm を掛けると日本人で 2.2 mg, アメリカ人で 10.2 mg が肉類から摂取されている計算になり、Zn の一日摂取量を求める上で重要な因子になるものと思われる。

要 約

日本人の栄養所要量を満たし、一日 30 食品を用いることを目標に男女別の一週間分のモデル献立を調製し、15 金属元素の一日摂取量を求めた。男性及び女性にお

ける Fe の一日摂取量は 10.6 mg 及び 10.3 mg で男性は所要量 10 mg をほぼ満たし、女性はや所要量 12 mg の約 86% であった。同様に Ca についてみると男性 823 mg, 女性 841 mg で所要量の 600 mg に比べ 1.4 倍高かった。男女間で有意差の認められた元素は Cd, Mn, Zn の 3 元素のみであった。更に著者らが行った陰膳調査やマーケットバスケット調査との比較も行った。その結果、Se, Cu の 2 元素は陰膳調査やマーケットバスケット調査の摂取量に比較して約 2 倍の値となり、Fe や Ca についても 1.2~1.5 倍高く、他の元素についても同じか若干高い傾向にあった。また日本人の金属所要量やアメリカの推奨金属所要量との比較も行い、モデル献立の方がより良好な傾向を示すことが判明した。

文 献

- 1) 池辺克彦, 田中之雄, 田中涼一: 食衛誌. 29, 52~57 (1988).
- 2) 池辺克彦, 田中之雄, 西宗高弘, 田中涼一: 同上. 29, 440~444 (1988).
- 3) 池辺克彦, 田中之雄, 西宗高弘, 田中涼一: 同上. 30, 444~446 (1989).
- 4) 日本化学会訳編: "微量元素" p. 10 (1975), 丸善(株), 東京.
- 5) 永沼 章: 衛生化学 29, 173~187 (1983).
- 6) 厚生省保健医療局健康増進栄養課編: 第四次改定 "日本人の栄養所要量" 174~175 (1989), 第一出版(株), 東京.
- 7) 堀口俊一, 寺本敬子, 黒野俊之, 二宮楠子: "中毒学と栄養学" p. 20, (1978), 篠原出版, 東京.
- 8) 日本食肉消費総合センター: 調理で変わる食肉の栄養 p. 42 (1989).
- 9) 池辺克彦, 田中之雄, 田中涼一, 國田信治: 食衛誌. 18, 86~97 (1977).

*3 池辺克彦: 未発表